Der Meteoreisenzwilling von Mukerop, Bezirk Gibeon, Deutsch-Südwest-Afrika

von

Friedrich Berwerth.

(Mit 1 Tafel und 2 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 19. Juni 1902.)

In der Sitzung vom 20. Februar 1902[1] konnte ich den ersten Bericht über ein neues Meteoreisen vorlegen, das in Mukerop bei Tsess im Bezirke Gibeon in Deutsch-Südwest-Afrika unter $18^1/_2°$ ö. L. und $25^1/_2°$ s. Br. gefunden wurde. Es war davon ein 61 *kg* schwerer Abschnitt von einem ursprünglich circa 170 *kg* wiegenden Blocke durch die munificente Widmung des Herrn Commercialrathes J. Weinberger in den Besitz der Meteoritensammlung im naturhistorischen Museum gelangt. Aus den ersten Beobachtungen der geätzten Aufschlussfläche mit Durchmessern von 43 und 31 *cm* ergaben sich zwei neue Erscheinungen, die man bisher an meteorischen Eisenmassen nicht beobachtet hat. Die eine bezieht sich auf die Krystallstructur des Eisenblockes und die andere auf eine Umwandlungserscheinung secundärer Natur. Bezüglich der Krystallstructur wurde constatiert, dass der Eisenblock nicht, wie dies gewöhnlich der Fall ist, aus nur einem Individuum, sondern aus deren vier besteht. Die Selbständigkeit der vier Individuen gab sich durch die in je zwei Schichten verschieden orientierten Ätzfiguren und durch die scharfen Grenzlinien, die durch den Wechsel der Lamellensysteme an den Berührungsebenen

---

[1] Anzeiger der kaiserl. Akademie der Wissensch. Nr. VI. Sitzung vom 20. Februar 1902.

hervorgerufen erscheinen. An dem einen Individuum am Rande, Individuum IV (früher I), treten die Lamellensysteme annähernd so auf wie in einem Schnitte parallel der Oktaederfläche. Auf der Fläche des Nachbarindividuums, Individuum III (früher II), erscheinen vier Lamellensysteme, die sich zu trapezoedrischen Figuren formieren. An der Grenze beider Individuen wurde das Übergreifen einiger weniger Lamellen des Individuums IV in das Individuum III beobachtet, welche Erscheinung eindringlich für eine Zwillingsverbindung beider Individuen nach einer Oktaederfläche spricht. In diesem Falle müsste der im Individuum IV parallel einer Oktaederfläche geführte Schnitt das Individuum III parallel der Ikositetraederfläche 151 treffen und auf dieser Fläche drei Lamellensysteme erzeugen. Diese Configuration trifft jedoch nicht zu, da die Dreieckwinkel auf der Schnittfläche des Individuums IV zu 50°, 64° und 66° gemessen wurden, woraus hervorgeht, dass der Schnitt sehr merklich von der Lage 111 abweicht und sich der Lage 322 nähert. Hieraus ergibt sich für die Schnittlage am Individuum III die einem Hexakisoktaeder nahekommende Fläche, womit das Auftreten von vier Lamellensystemen übereinstimmt.

Diesmal bin ich in der Lage, die angegebenen Verhältnisse durch ein Lichtbild zu verdeutlichen, dessen Herstellung ich Herrn Custosadjuncten Dr. R. Koechlin verdanke. Das Bild auf der beigegebenen Tafel zeigt uns rechts am Rande das Individuum IV mit den Dreieckfiguren, links davon, durch eine scharfe Grenzlinie getrennt, das Individuum III mit den trapezoedrischen Figuren. Die dargelegten Verhältnisse zwischen den Individuen IV und III wiederholen sich in den darauffolgenden Individuen II und I. Das in einem schmalen Blatte ausgebildete Individuum II (früher III) zeigt die gleiche Lage der Lamellensysteme wie Individuum IV, und die Lamellenlagen im Individuum I (früher IV) decken sich vollkommen mit jenen in dem Individuum III. Ein Unterschied im Ansehen der Individuen II und I gegen die Individuen IV und III besteht nur insoweit, als II und I durch eine nachträgliche moleculare Veränderung ihrer Massen nach der Ätzung matt erscheinen. Unter dem Schleier, der das Gefüge verdeckt, treten aber auch auf dem Bilde insbesonders in der Mitte von Individuum I die Ätzfiguren noch kenntlich hervor.

Die scheinbare Mächtigkeit der vier Individuen beträgt für IV = 8 *cm*, für III = 15 *cm*, für II = 0·5 *cm* und für I = 17 *cm*.

Aus der Orientierung der Lamellen in den einzelnen Schichten und gesetzmäßigen Verwachsung der letzteren ergibt sich die außerordentlich interessante Thatsache, dass im Meteoreisen von Mukerop ein gigantischer Wiederholungszwilling nach dem Magnetit- oder Spinellgesetze vorliegt, wie ein solcher bisher nicht bekannt war.

Als bemerkenswerte Begleiterscheinung der Zwillingsverwachsung bleibt zu erwähnen, dass in diesem Wiederholungszwilling geradeso wie an so vielen anderen polysynthetisch verzwillingten Mineralen längs den Zwillingsebenen Verwitterungsspuren auftreten, die recht häufig als die ersten äußeren Merkmale die Zwillingsnatur der betreffenden Körper ankündigen. Auch am Mukeroper Zwilling sehen wir die ersten Zeichen der Veränderung längs den Zwillingsgrenzen von außen nach innen vordringen. An der Zwillingsebene zwischen Individuum III und IV sehen wir von beiden Rändern aus schmale Streifen sogenannten »Eisenglases« in die Masse eintreten, was noch viel deutlicher längs des schmalen Zwillingsblattes II der Fall ist, das von Individuum III durch eine schmale, fast durch die ganze Masse gehende Verwitterungskluft und ebenso an den beiden Enden durch kurz einsetzende Klüfte auch vom Individuum I losgetrennt erscheint.

An der Zwillingsgrenze zwischen Schichte III und IV ist ferner zu beachten, dass selbe von der Mitte an in ihrer unteren Hälfte eine parallele Verschiebung erleidet, bei der die Zwillingsgrenze sich gegen das Individuum III vordrängt und der untere Verwitterungsstreifen, der im Bilde mit freiem Auge kaum sichtbar ist, gegen den oberen Streifen um 1·5 *cm* nach links verschoben erscheint. Die Ablenkung der Zwillingsgrenze nach links beginnt ungefähr in der Mitte, in dem knapp an der Zwillingsgrenze liegenden breiten gescharten Lamellenbündel. Irgendeine deutliche Leitlinie, die die Verschiebung der Grenze anzeigt, ist nicht erkenntlich. In einer schief zum Lamellenbündel verlaufenden Zone sind jedoch die kurzen, den Lamellen sonst parallel gestellten Taenitstreifchen aus der Parallelität herausgetreten und in Unordnung gerathen. An diese Zone

knüpft sich die Verrückung der Grenze. Es ist zu beachten, dass sich der Grenzwechsel in einem Lamellensysteme vollzieht, dessen Trace beiden benachbarten Individuen gemeinsam ist.

Das Gesammtbild der Ätzfelder ist durch eine feine Ausbildung aller seiner Theile charakterisiert und das Eisen demnach in die Abtheilung der feinst lamellierten Eisen (Off) zu stellen. Die Bänder des Balkeneisens haben eine durchschnittliche Dicke von 0·3 bis 0·4 *mm*, sie sind meist kurz, erreichen aber auch eine Länge von 10 *cm*. Die Balken verrathen eine starke Neigung zur Scharung. Scharungsfelder mit verschieden langen Lamellen erscheinen nach den Enden hin zerfasert. An Kreuzungspunkten von Lamellen stoßen zwei oder auch drei sich treffende Balken aneinander nicht ab, sie verfließen vielmehr vollständig ineinander. Betrachtet man einen solchen Scharungspunkt auf der Schichte mit den Dreieckfeldern, so zeigen alle drei ineinander verfließenden und alle jene zu deren System gehörigen übrigen Lamellen ein ganz gleiches Verhalten, vor allem gleichzeitigen Schimmerreflex. Stellt man ein solches Dreiecksystem auf matt, so taucht gleichzeitig ein zweites Dreiecksystem auf, aber hellschimmernd. Auch bei den Balken dieses zweiten hellschimmernden Systems bemerkt man an den Scharungspunkten im allgemeinen ein Verfließen der Balken ineinander. Wenn Balken beider Systeme aufeinander treffen, so schneiden sie aneinander ab. Das gleiche Verhalten wiederholt sich auf dem trapezoedrischen Felde. Hier sehen wir gleichzeitig viereckige matte und helle Felder und ebenso die Balken des gleichen Systems an Kreuzungspunkten ineinander verfließen und die Balken verschiedener Systeme aneinander abstoßen. Wenn es also vorkommt, dass z. B. ein Eisenfaden eine breitere Lamellenschar durchsetzt und dabei zwischen den durchsetzten Lamellen wie abgehackt erscheint oder sich ähnlich verhält wie ein Gewebefaden im Gespinst, so gehört der einzelne Eisenfaden dem einen und die Lamellenschar dem zweiten Systeme an. Der Versuch einer Erklärung dieser Erscheinung soll später gemacht werden.

Zufolge der zu einer Oktaederfläche merklich geneigten Schnittebene kommen auf dem dreieckigen Figurenfelde auch Theile des vierten Lamellensystems zum Vorschein. Dem

schiefen Anschnitte entsprechend, erscheinen diese Lamellen gegenüber den feinen Lamellen der übrigen Systeme viel breiter, und zwar in einer mittleren Dicke von 2 *mm*. Ihre Länge schwankt von 0·5 bis 2 *cm*. Sie tauchen einzeln im Dreieckfelde auf und vereinigen sich gerne zu kleinen Schwärmen. In der Längsrichtung bewahren sie untereinander im allgemeinen ein paralleles Streichen, jedoch mit vorkommenden merklichen Ablenkungen von der Hauptstreckrichtung. Die Abweichung der einzelnen Lamellen oder Lamellengruppen von der mittleren Parallellage ist aber nur eine scheinbare, und beruht die Vortäuschung einer Krümmung der Lamellenlage darin, dass diesen Lamellen eine geradlinige Begrenzung fehlt, sie also nicht von ebenen, sondern von im Zickzack auf- und absteigenden Taenitstreifen eingesäumt werden. Der zackige oder sägeförmige Taenitsaum ist durchwegs zugleich die Scheidewand gegen die anstoßenden Plessitfelder. Die zahnige Linie kommt dadurch zustande, dass sich der Taenit in ganz kurzen Absätzen wechselweise in die Richtung der benachbarten Lamellenlinien legt. Folgen diese Lagenwechsel dicht aufeinander, so verschwinden schließlich die Zähne, die Linie wird mehr wellig, und im Gesammtbilde erscheinen dann diese kurzen dicken Lamellen als ein Zug wurmförmig gegliederter Streifen. Die mittlere Streichrichtung dieses Lamellenzuges schneidet die Trace eines dem geschlossenen Dreiecke angehörigen Lamellenzuges in einem spitzen Winkel von circa 15°.

Untereinander verhalten sich alle diese wurmförmigen Lamellen gleich und sie scheinen nur dem einen der beiden Dreiecksysteme anzugehören.

Die Neumann'schen Linien kommen in den Eisenbalken nie zum Vorschein. Vielleicht war die Ätzung zu schwach. Ich bin der Meinung, dass sie, wenn auch die Zwillingslamellierung der Balken ursprünglich vorhanden war, jetzt fehlen. Es ist nämlich Grund zur Annahme vorhanden, dass die Masse der Balken gegenüber dem ursprünglichen Zustande eine moleculare Veränderung erlitten hat. Ich schließe auf diese Änderung aus dem Ätzbilde der Lamellen. In allen Balken erscheinen nämlich durchwegs ganz unregelmäßige Ätzgrübchen, die dem ganzen Ätzbilde ein sehr unruhiges fleckiges

Aussehen verleihen. Es ist eine ähnliche Erscheinung, wie sie in den randlichen Veränderungszonen im Falle beobachteter Eisen auftritt, wo wir wissen, dass sie durch die oberflächliche Erhitzung in der Erdatmosphäre hervorgerufen wurde. Auch hier werden wir für das analoge Ätzbild eine gleiche Ursache annehmen müssen, nur mit dem Unterschiede, dass der metamorphosierende Einfluss geschehener Erhitzung nicht in unserem Planetensysteme stattgefunden hat. Bei einer derartigen Aufhebung des ursprünglichen Molecularzustandes dürfte auch die feine Zwillingslamellierung der Balken (Neumann'sche Linien) aufgehoben worden sein.

Das Bandeisen ist in außerordentlich dünnen Blättern und Blättchen entwickelt, die an der gelblichen Farbe und dem hohen metallischen Glanze immer deutlich kenntlich sind. Es bildet regelmäßig den geschlossenen Rahmen der Fülleisenfelder und in kurzgestrichelten Linien die Scheidewände zwischen parallel gescharten Lamellen.

In dem Fülleisen erscheint das Bandeisen punktartig eingestreut. Bei stärkerer Vergrößerung lässt sich aber unterscheiden, dass die vermeintlichen Punkte eine mehr strichelartige als runde Form tragen. Als besonders bemerkenswert ist dann hervorzuheben, dass die Bandeisenstreifen in den schleierigen Schichten I und II den metallischen Glanz und ihre Farbe vollständig eingebüßt haben und matt erscheinen. Nur an Stellen, wo die Ätzfiguren noch deutlich auftreten, ist auch das Bandeisen unverändert vorhanden.

Das Fülleisen dürfte ungefähr ein Drittel der ganzen Eisenmasse ausmachen. Seine vom Bandeisen umgrenzten Felder sind allenthalben dicht von Bandeisenstrichelchen gesprenkelt. Sonst lassen sich im Fülleisen keine anderen Bildungen unterscheiden.

An Mineralen, die gewöhnlich in Meteoreisenmassen vorhanden zu sein pflegen wie Troilit und Schreibersit ist das Eisen von Mukerop arm.

Zu den wenigen porphyrartig ausgeschiedenen Troiliten gesellt sich aber nebst Chromit ein Gemengtheil, der unser besonderes Interesse erregt, da er bisher noch nur einmal von Meunier in dem Eisen von Sierra di Deesa (Copiapo) beob-

achtet wurde. Es ist der Enstatit. An einigen wenigen zur Verfügung stehenden Splitterchen, die farblos und faserig ausgebildet sind, konnte er mittels optischer Beobachtungen und durch mikrochemischen Nachweis von Kieselsäure und Magnesia als solcher bestimmt werden. Beobachtungen am Reflexionsgoniometer ergaben, dass die Splitterchen nicht von Krystallflächen begrenzt sind und Faserbündel darstellen. Meunier berichtet, er habe »bei Untersuchung gewisser Bruchstücke von Silicaten, welche in dem Eisen eingeschlossen sind, in deren Innern eine kleine Druse von farblosen Enstatitnadeln« entdeckt. In dem Eisen von Mukerop finden wir den Enstatit unter anderen Begleiterscheinungen. In Sierra di Deesa wurde eine Enstatitdruse in einer Steinmasse gefunden, die einen Einschluss im Eisen bildete. Hier in Mukerop treffen wir den Enstatit unter Bedingungen, die ihn als directes Ausscheidungsproduct aus dem Eisenflusse erkennen lassen. An dem Blocke des Museums sehen wir nämlich einen 1·5 *cm* langen, 1 bis 2 *mm* breiten Enstatitbalken, eine theilweise aus Chromit und zur anderen Hälfte aus Troilit bestehende Partie mitten durchqueren und über den Troilitrand hinaus etwas in die Eisenmasse vorstoßen. Die Art der Verbindung dieser drei Gemengtheile macht den Eindruck, als wäre der Enstatit der ältere Gemengtheil, der dem Chromit und dem Troilit als Ansatzpunkt gedient hätte und von beiden schließlich umhüllt worden wäre. Da der Enstatitbalken in der Chromitpartie nicht tief einsetzt und absätzig erscheint, so dürfte er mit dem Chromit eher gleichzeitige Entstehung und sein höheres Alter nur dem Troilit gegenüber Geltung haben.

Das aus dem Troilit vorspringende Balkenende, an dem quer vorüberziehende Eisenlamellen abstoßen, um jenseits wieder fortzusetzen, ist als Beweis für eine sehr frühe Ausscheidung des Enstatit zu nehmen. In der Reihe der Ausscheidungen gehört er nebst Chromit zu den ältesten Gemengtheilen. Seine Auskrystallisierung ist in dünnen breiten Tafeln erfolgt. Der in Troilit sitzende 1 bis 2 *mm* breite Enstatitstreifen ist der Querschnitt einer solchen Tafel. An anderen Platten desselben Eisens, die ich habe sehen können, war der Enstatit viel reichlicher vorhanden als im Museumsblocke. An Hohlräumen,

aus denen der Enstatit herausgefallen war und die einen Abdruck der Krystalltafeln darstellen, ließ sich die Tafelform des Enstatits zweifellos feststellen. Es ließ sich auch mit einiger Sicherheit beobachten, dass die Tafeln einen Flächeninhalt von 3 bis 4 cm^2 erreichen. Die Krystalltafeln bestehen aus groben Fasern, die zu den Tafelflächen, die zugleich die Basisflächen (001) darstellen, senkrecht gestellt sind. Eine absolute Gebundenheit des Enstatit an Troilit und Chromit scheint nicht zu bestehen. Mehrere Enstatitleisten sitzen ohne jede Begleitung im Eisen auf, und andere sind nur spurenweise von Troilit begleitet. Prüft man die Lage der Enstatittafeln zum Krystallgefüge des Eisens, so ergibt sich, dass keine der Tafeln nach krystallographischen Ebenen des Eisens orientiert ist. Ihre Vertheilung, sowie ihre Lagerung ist im Gefüge des Eisens regellos erfolgt. Nur in ihrer Lage zueinander scheinen sie einer geheimen Ordnung zu folgen, denn in sämmtlichen enstatitführenden Platten, die zueinander parallel geschnitten sind und die zusammen genommen einer Eisenschichte von circa 10 *cm* Dicke entsprechen mögen, sind die Tafeln sämmtlich im Querschnitt getroffen. Die Tafelebenen der Enstatite liegen also zueinander nicht parallel, aber parallel zur längsten Achse des ganzen Blockes.

Bei Aufführung der Mineralgesellschaft des Enstatit wurde auch des Chromit Erwähnung gethan. Im Blocke des Museums lagert er sich in Gestalt und Umfang einer Haselnuss dicht an Troilit und enthält partienweise ebenfalls Enstatit. Im frischen Anbruche zeigen seine Splitterchen schwarze Farbe, haben metallischen Glanz und muscheligen Bruch. Beim Zerquetschen verhalten sich die Körnchen sehr spröde und geben beim Zerreiben ein braunes Strichpulver. Beim Glühen im Platintiegel geht der Glanz der Körnchen an der Oberfläche verloren, sie werden matt und grau. Im Innern bleiben sie unverändert, und beim Zerquetschen kommt der hohe Glanz wieder zum Vorschein. Bei der Aufschließung einer Probe mit saurem schwefelsaurem Kali wurde der Chromgehalt nachgewiesen. In der Chromitpartie, die neben Troilit lagert, ist ein schwarzes Mehl vorhanden, aus dem die Chromitbröckchen als glänzende Punkte hervorleuchten. Die weiche pulverige Masse hat einen

glänzenden Strich. Ich halte dieses schwarze mehlige Pulver für ein feines Gemenge von Chromit und Troilit. In jenen Fällen, wo vereinzelte Troilitpartien glanzlos und durch Beimengung einer dunklen Substanz getrübt erscheinen oder wo unveränderte kleine Troilitpartien und die dunkle Substanz nebeneinander liegen, darf nach der Analogie der dunkle Gemengtheil als Chromit angesprochen werden.

Das Lichtbild auf der beigegebenen Tafel zeigt die Individuen I und II vollständig und den übrigen Rand des Blockes theilweise verschleiert. Die betreffenden schleierigen Stellen sehen so aus wie ein missglücktes schleieriges Lichtbild. Die trüben figurenfreien Stellen geben aber den natürlichen Zustand der geätzten Eisenplatte wieder, und ist diese Verschleierung eben jene zweite Besonderheit, wie sie uns in dieser Form zum erstenmale im Meteoreisen von Mukerop entgegentritt. Die Verschleierung der Platte geht vom Rande nach innen, verbreitet sich über die Fläche der Individuen I und II und ist gegen Individuum III durch die querverlaufende scharfe Verwitterungskluft abgedämmt. Nur an den Rändern überschreitet der Schleier die Kluft an beiden Enden und verbreitet sich noch deutlich kenntlich entlang den oberen Randpartien. Diese veränderten Zonen erscheinen im geätzten Zustande ganz matt mit schwachem Schimmer, der sich ähnlich wie Nebeldunst über die Lamellensysteme legt, die am Rande nur ganz wenig, im Kerne der Masse aber noch deutlich wahrzunehmen sind. Die dunklen Schatten im Lichtbilde entsprechen tief verschleierten und die lichten Schatten den weniger verschleierten Zonen.

Die Verschleierung der Eisenmasse beruht darauf, dass das Balken- und das Fülleisen fein flimmerig und damit im Zusammenhang im Ansehen matt geworden sind. Der durch die flimmerige Beschaffenheit der Eisentheilchen hervorgerufene Schimmer besitzt keine Orientierung. Ein ähnlicher Fall von schleieriger Beschaffenheit oktaedrischer Eisen ist nur in den randlichen Veränderungszonen im Falle beobachteter Eisenmassen bekannt. In diesen Zonen ist das Eisen ebenfalls flittrig, matt und trübe im Aussehen. In diesen Fällen besteht kein Zweifel darüber, dass diese Umlagerung der Massentheilchen

in der Randzone des Eisens durch die oberflächliche Erhitzung des Meteoriten in unserer Atmosphäre veranlasst wurde. Die Gleichartigkeit der Erscheinung in Mukerop mit jener in den veränderten Randzonen frischer Meteoreisen berechtigt zur Annahme, dass im Eisen von Mukerop die Änderung des Molecularzustandes ebenfalls durch Erhitzung veranlasst wurde. In den matten flimmerigen Eisentheilen ist die Structur viel feiner krystallinisch als in den weniger veränderten Theilen, in denen eine dem körnigen Zustande entsprechende Structur herrscht. Dass ein grobes Eisenkorn beim Erhitzen auf eine bestimmte Temperatur sich in ein feinkrystallines Korn umwandelt, ist bekannt. Der Unterschied im Korn würde in Mukerop vorhanden sein. Zustandsänderungen, die Eisen und Eisenlegierungen bei Erhitzung und bei Abkühlung von höherer Temperatur durchmachen, bilden heute das vorwiegende Studium der Eisenhüttenmänner. Die Matallegierungen werden jetzt als Lösungen im festem Aggregatzustande aufgefasst, und das Verhalten der Legierungen bei Hitze und Abkühlung ist je nach dem Procentsatz der gelösten Metalle sehr veränderlich. Gemäß der neuen Anschauungen müssen wir auch das Meteoreisen als eine feste Lösung von Eisen und Nickel auffassen, die sich je nach der Höhe des Nickelgehaltes bei Erhitzung und Abkühlung verschieden verhalten wird. Man stößt hier auf complicierte Verhältnisse, die erst durch zukünftige experimentelle Studien zur Lösung kommen werden.

Für die stattgefundene Erhitzung des Blockes, durch deren Einfluss das Gefüge des Eisens verschieden stark verändert wurde, muss ein secundärer kosmologischer Process in Anspruch genommen werden. Ich habe schon früher darauf hingewiesen, dass Mukerop unter den Eisen das Gegenstück zu den Chondriten bei den Steinen bietet, deren jetzige Ausbildung ich als eine Folge der Umschmelzung des meteorischen Tuffes nachgewiesen habe.

Die stattgefundene Erhitzung hat gerade hingereicht, vorwiegend die äußeren Theile des Eisenblockes zu verändern und in allen übrigen Partien den Beginn einer Zustandsänderung herbeizuführen. Bei einer andauernden und kräftigen Erhitzung, die bis zum Grade der Rothglut steigt, ist zu erwarten, dass

die Balkensysteme verschwinden und das oktaedrisch gefügte Eisen sich allmählich in eine fein krystallinische homogene Eisenmasse umwandelt. Aus einem derartigen Vorgang lässt sich in ganz ungezwungener Weise die Entstehung mancher sogenannter »dichten Eisen« ableiten. Bei der vulkanischen Natur der Meteoriten können Folgeerscheinungen feuriger kosmologischer Processe, in die vulcanische Producte nachträglich einbezogen wurden, nicht befremden.

Als vorstehende Beobachtungen am Wiener Blocke aufgezeichnet waren, erhielt ich Gelegenheit, noch sieben Platten desselben Eisens zu sehen, die nebst drei anderen mir nicht zur Verfügung gestandenen Platten mittlerweile aus der zweiten circa 80 *kg* schweren Hälfte des Mukeroper Blockes herausgeschnitten worden waren.[1]

Die Herstellung der Platten war leider eine sehr unvollkommene. Die Schnittebenen sämmtlicher waren wellig uneben und die Flächen behielten zufolge Anwendung eines ungeeigneten Poliermittels selbst nach der Ätzung eine starke Spiegelung. Trotz dieser Übelstände, die sich bei der feinen Structur des Eisens in sehr empfindlicher Weise wahrnehmbar machten, lieferten die Platten eine sehr willkommene Ergänzung zum Zwillingsbau des Blockes. In der Skizze Seite 658 sind sämmtliche mir zur Verfügung gestandenen Platten in ihren natürlichen Größenverhältnissen mit Eintragung der Zwillingsgrenzen und Lamellentracen skizziert und in der Reihenfolge untereinander gestellt, wie sie aus dem Blocke gewonnen wurden. Bei der

[1] Herr Mineralienhändler Jul. Böhm in Wien war der Besitzer des Eisenblockes und hatte die große Gefälligkeit, mir von zehn daraus gewonnenen Platten sechs für eine sehr kurze Zeit zur Besichtigung zu überlassen; die Zeit genügte gerade nur zur Herstellung der schematischen Skizzen, die auf Seite 658 wiedergegeben sind. Skizze V stammt von einer im Besitze des Herrn Prof. Friedrich befindlichen Platte. Für das freundliche Entgegenkommen sage ich den beiden Herren den verbindlichsten Dank. Von den auf der Tafel nicht skizzierten Platten sind die 15·5 *kg* schwere Platte in Stuttgart und die in Budapest befindliche Platte zwischen I und II einzuschieben. Die Flächen der Stuttgarter Platte sind die Gegenflächen des Wiener Blockes (Skizze I) und der Budapester Platte. Weitere zwei Platten, die mir nicht zur Verfügung standen und deren jetziger Aufenthalt mir nicht bekannt ist, fehlen zwischen den Platten IV bis VIII. Die kleinste fehlende Platte war ein Theilstück von VIII (Scherzel).

Parallelität der Schnittflächen kommen alle zugehörigen Theile untereinander zu liegen oder zur Deckung bei Aufeinanderlage der Platten. Die zueinander parallelen senkrechten Linien in den Skizzen entsprechen den Zwillingsgrenzen und die in die Felder eingezeichneten Dreiecke und Trapezoide den Tracen der Lamellensysteme in der betreffenden Schichte. Figur I gibt die schematische Darstellung der Ätzflächen am Museumsblocke mit den oben beschriebenen vier Zwillingsschichten.

In Figur II sehen wir Individuum I zusammenschrumpfen, dagegen erscheint rechts am Rande ein fünftes Zwillingsindividuum an die Schichte 4 angelagert.

Die nächste Platte, Figur III, zeigt gegenüber der vohergehenden Platte keine wesentliche Verschiedenheit. Nur Individuum 1 hat an Umfang weiter abgenommen und Individuum 5 an Breite zugenommen.

In Platte Figur IV erfährt der in den Platten I bis III bestehende normale Zustand des Wiederholungszwillings durch Angliederung von zwei weiteren Individuen Nr. 6 und 5*a* eine Störung. Das durch Dreieckfiguren charakterisierte Individuum 6 beginnt an der Ecke links unten Individuum 3 zu verdrängen. Dabei bleibt zwischen diesem Individuum und der Zwillingsgrenze gegen Individuum 4 noch ein breiter Streifen des Individuums 3 erhalten. Das Individuum 5*a*, mit trapezoidalen Figuren gezeichnet, ist oben rechts an die Zwillingsschichte 4 angelagert. Eine spurenweise Andeutung von Individuum 5*a* ist auch in Platten II und III vorhanden, aber als selbständiges Individuum dort nicht mehr zu erkennen, da nur seine Grenzzone am Rande der Platte hereinragt.

In Platte V hat Individuum 6 an Umfang zugenommen und sich auf der rechten Seite bis zur Zwillingsgrenze zwischen 3 und 4 vorgeschoben. Individuum 3 und 6 halten sich jetzt das Gleichgewicht. Die Zwillingsschichten 1 und 2 sind schon früher ausgegangen und fehlen hier zum erstenmale. Sie kehren auch in den nächsten Platten nicht mehr wieder.

In den Platten VI und VII ist das Individuum 6 weiter gewachsen und hat Individuum 3 bis auf einen schmalen Streifen verdrängt. Es herrschen jetzt die Individuen 4 und 6, die miteinander längs der alten Zwillingsgrenze in Berührung

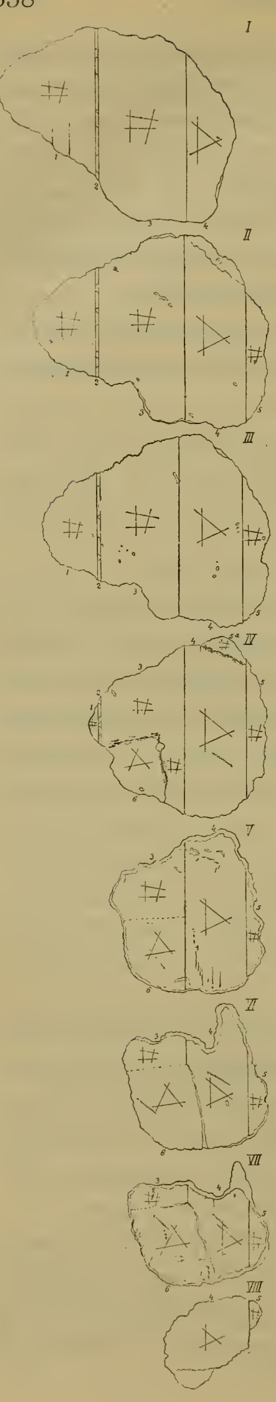


Fig. 1.

treten, und es ereignet sich der Fall, dass zwei Individuen mit oktaedrischen Ätzfeldern in Nachbarschaft gerathen. An Stelle der alten Zwillingsgrenze ist längs der Berührungsfläche zwischen den Individuen 6 und 4 eine klaffende Spalte getreten, die vorher anscheinend ganz mit Eisenglas gefüllt war.

In der kleineren Platte, Figur VIII, liegt das schmale Endstück des Blockes vor, bestehend aus Theilen der Zwillingsindividuen 4 und 5. Gegenüber der Lage in Platte VII hat hier Individuum 4 an Masse zugenommen, was dafür spricht, dass Individuum 6 in der Eisenpartie zwischen VII und VIII ausgegangen ist.

Ein Überblick über alle acht Platten zeigt uns also, dass Zwillingsindividuum 4 durch die ganze Blockhälfte ungestört anhält. Mit beginnendem Schwinden des Individuums 1 gliedert sich rechts eine fünfte Zwillingsschichte an, die zusammen mit Schichte 4 bis in das schmale Ende des Blockes fortsetzen. In Platte IV erscheint nur noch ein kleiner letzter Rest von den Individuen 1 und 2. Dafür treten zwei neue Individuen (6 und 5*a*) an den Zwilling heran. Individuum 5*a* zeigt in den oberen Platten II und III nur andeutungsweise Spuren seiner Anwesenheit, während das neue Individuum 6 bei stetiger Zurückdrängung der Zwillingsschichte 3 bis in die Platte VII anhält.

Das Verhalten der Zwillingsschichten (1 bis 5) ist durch alle Platten das gleiche. Auch das neu hinzugekommene Individuum 5, das bei der Beschreibung der Platte I keine Erwähnung finden konnte, legt sich ganz gemäß als ungerades Glied an den Wiederholungszwilling an. Es bleibt nur übrig, die Art und Weise der Anlagerung der Individuen 6 und 5*a* an dem Wiederholungszwilling zu prüfen, ob sie nämlich zu den anstoßenden Schichten eine gesetzmäßige Stellung einhalten oder zum Wiederholungszwilling nicht orientiert sind.

Wir wollen versuchen, zuerst das Individuum 6 mit seinen Verbindungen in Platte IV zum Wiederholungszwilling zu orientieren. Machen wir die Voraussetzung, dass Individuum 6 und 4 in Zwillingsverbindung untereinander stünden, so könnte dies nur möglich sein, wenn wir nach Tschermak's Theorie über die Zwillinge solcher Individuen, die nicht parallelflächig sind, uns die beiden hemiedrischen Oktaeder parallel zueinander verschoben denken, so dass die beiden Individuen nebeneinander zu liegen kommen und dabei symmetrisch zu einer Fläche des Ikositetraeder (112) gestellt sind. Läge die Schnittebene von Individuum 4 genau parallel der Oktaederfläche (111), so wäre die Stellung der Individuen 6 und 4 in diesem Falle symmetrisch zu 112 und die Tracen der Dreiecksysteme müssten zueinander parallel liegen.

Vorne ist schon dargelegt worden, dass die Schnittlage im Individuum 4 merklich von einer Oktaederfläche abweicht und sich der Lage einer Fläche von (322) nähert. Bei der Fortsetzung der Schnittebene nach (322) in das Individuum 6 wäre eine Ablenkung der Dreiecktracen und damit eine kleine Verschiebung der Dreieckfiguren zu erwarten. Die Ablenkung der Lamellentracen würde bei der Annahme, dass die Schnittebene im Individuum 4 parallel einer Fläche von (322) liege, im Individuum 6 an 5 bis 6° betragen. In Wirklichkeit sind in Platte IV die Dreiecke beider Individuen jedoch um 30° gegeneinander verwendet, also um einen solchen Betrag, der nicht mehr als eine Fehlerquelle genommen werden kann. Individuum 6 kann bei dieser Voraussetzung nicht zum Schichtenverband des Wiederholungszwillings gehören. Sieht man davon ab, dass mit der Abweisung einer Zwillingslage zwischen 4 und

6 eine solche auch zwischen den Individuen 3 und 6 nicht vorhanden sein kann, so scheinen außerdem die ganz eigenartigen Abgrenzungsverhältnisse zwischen 6 und 3 die unbestimmte Lage des Individuums 6 zu den Zwillingsschichten ebenfalls zu bestätigen.

Vor allem ist zu bemerken, dass die beiden Individuen 6 und 3, in Platte IV betrachtet, sich auf der Schnittebene nicht in geraden scharfen Linien abgrenzen. Die Abgrenzung ist keine unvermittelte, sie ist vielmehr unbestimmt und in einer breiten Zone entwickelt, in der sich ein allmählicher Übergang aus einem in das andere Individuum vollzieht. Die Vermittlung übernehmen je ein Lamellensystem jedes Individuums, deren Balken auf der Anschnittfläche parallel liegen, sich längs der Grenze in breiten Bändern zusammenscharen und eine Art neutrale Zone herstellen. In diese Zone sieht man beiderseits vereinzelte Lamellen der anderen Systeme eintreten, die sich aber in der Mitte der parallelen Lamellenbündel kaum noch berühren. Die obere Grenze von Individuum 6 zu Individuum 3 liegt in der Richtung der parallel gescharten Lamellenfelder, und an der Grenze rechts ist die Scheidung durch eine ungerade bis wellige Linie kenntlich gemacht, die das Scharungsfeld der gemeinsamen Lamellensysteme quer durchsetzt. In der Skizze, Figur IV, ist die Scharung und Richtung der Lamellen durch eine feine Strichelung auf den Grenzen angedeutet. Die krumme Grenzlinie macht sich nur durch einen schwachen Schimmerwechsel kenntlich, und längs derselben lässt sich mit der Lupe beobachten, dass die Taenitbändchen in der Nähe der Grenze sich verkürzen, auf der Strecke des schmalen Grenzstreifchens aus ihrer Gleichgewichtslage treten und eine zerstreute Stellung annehmen. Die Balken zeigen keine Ablenkung und verfließen auf der von den Taenitstrichelchen gekennzeichneten Grenzscheide ineinander. Die Abgrenzung zwischen den Individuen 6 und 3 ist also zweierlei Art. Einmal liegt die von den gemeinsamen Lamellensystemen gebildete breite Grenzzone im Streichen derselben. Eine scharfe Grenze ist nicht vorhanden, und wird der Übergang von einem in das andere Individuum durch Zusammenlegen von schmäleren oder breiteren Lamellenbändern vermittelt, die wechselweise je einem

der Individuen angehören. Das anderemal beobachtet man an der Grenzscheide abermals eine Zusammenscharung derselben gemeinsamen Lamellensysteme, durch die eine wellig verlaufende Grenzlinie quer durchsetzt.

An der Ecke links oben stößt Individuum 6 mit dem schmalen Individuum 2 zusammen. Auf Grund der Nachbarschaft von zwei Dreieckfeldern könnte man vermuthen, dass im Individuum 6 eine Anschwellung des Individuums 2 vorliege, was aber aus dem schon dargelegten Lagerungsverhältnis zu Individuum 4 nicht möglich ist. Die Dreieckfiguren sind auch in diesem Falle in beiden Individuen um 30° gegeneinander gedreht. Wir finden demnach in den Begrenzungsverhältnissen zwischen 6 und 3 keine Anhaltspunkte, die auf eine Zwillingsverwachsung hinweisen. Dass die wellige Grenzlinie nicht einer Zwillingsgrenze entspricht, wird sich aus der weiteren Betrachtung der Anlagerungsverhältnisse an den Wiederholungszwilling ergeben.

Individuum 5*a* erscheint rechts oberhalb des Individuums 4 in einer schmalen Randpartie und erstreckt sich bis zur Zwillingsgrenze zwischen Individuum 4 und 5, wo es mit Individuum 5 durch einen schmalen Streifen im Zusammenhange steht. Das Figurennetz auf 5*a* ist trapezoedrisch. An der Berührungsebene zwischen 5*a* und 4 wiederholt sich nun derselbe Vorgang wie an der rechtsseitigen Grenze zwischen 6 und 3. Auch hier sind in der Grenzzone nur jene Balken zur Ausbildung gelangt, deren Tracen in beiden Individuen zueinander parallel sind. Das Grenzgebiet erscheint daher auch hier gleichförmig matt, und erst in den Randpartien schließen sich die oktaedrischen und trapezoedrischen Figuren wieder zusammen. Von der Ecke an der Zwillingsgrenze nach links aufwärts bis zur kleinen Einsenkung am Rande verquert in schiefer Richtung ein schmaler Grenzstreifen die mit der Zwillingsgrenze parallel gestellten Lamellenscharen. Am schmalen Grenzstreifen sehen wir wieder die Balken ungestört herantreten, und nur die Taenitstrichelchen, die hier sehr deutlich eine Schleppung von unten nach oben anzeigen, markieren die wirkliche Grenze. Bei Orientierung der Lage beider Individuen zueinander ist festzustellen, dass die in der Grenzzone gescharten Balken jenen

Systemen angehören, die in beiden Individuen der Zwillingsgrenze im Wiederholungszwilling parallel liegen. Ferner haben die Tracen der Balkensysteme in 5*a* und 5 genau die gleiche Lage. Folglich steht die schmale trapezoedrische Partie 5*a* mit 4 in Zwillingsstellung, aber die in einer geschwungenen Linie auftretende Berührungsebene zwischen 5*a* und 4 ist nicht Zwillingsebene. Um die eigenthümliche Verwachsungsart zwischen 5*a* und 4 weiter aufzuklären, muss ich daran erinnern, dass am Museumsblocke einmal eine Verschiebung der Zwillingsgrenze um 1·5 *cm* zwischen 4 und 3 zu constatieren war, wo die Ablenkung der Zwillingsgrenze sich ebenfalls in einem der Zwillingsgrenze parallel gestellten Scharungsfelde vollzog. Bei den übereinstimmenden Verhältnissen in beiden Fällen besteht kein Zweifel mehr, dass die schmale Partie 5*a* ein Theil des Individuums 5 ist, der durch eine Verschiebung der Zwillingslinie bis zur kleinen Einsenkung am Rande nach links gerückt wurde und so oberhalb des Individuums 5 zu liegen kommt. Die Verschiebung vollzog sich an der im gescharten Lamellenfelde liegenden geschwungenen Grenzlinie.

Nachdem die Natur der krummen Grenzlinie erkannt ist, so wird die gesetzlose Aneinanderlagerung zwischen den Individuen 6 und 4 auch durch das Erscheinen einer solchen eigenthümlichen ungeraden Grenzlinie bestätigt.

Wir haben also im Mukeroper Blocke einen Wiederholungszwilling kennen gelernt, der aus fünf Zwillingsschichten besteht, die nach einer Oktaederfläche als Verwachsungsebene miteinander verzwillingt sind. Ein sechstes in den Zwillingscomplex hineinragendes Individuum steht zum benachbarten Individuum nicht in Zwillingslage und ist mit dem Wiederholungszwilling in nicht gesetzmäßiger Weise verwachsen.

Neben der Zwillingsverwachsung bleibt es wichtig, die Art der Verwachsung an besonderen Berührungsebenen hervorzuheben. An einer solchen Ebene ist regelmäßig die vorherrschende Entwickelung der zwei Lamellensysteme zu beobachten, die beiden Individuen gemeinsam sind. Sie sind meist in einer ganz breiten, beiden Individuen zugehörigen Zone geschart, in der sie die beiden zueinander nicht orientierten

Individuen gleichsam einrenken und in einen innigen Verband zueinander bringen.

In der Sammlung des Museums befindet sich eine dünne, im Geviert 72 *cm* große Eisenplatte, die durch Vermittlung des Herrn Prof. E. Cohen erworben und von ihm nebst mehreren anderen Platten desselben Fundortes unter dem Schlagworte »Bethanien« beschrieben wurde. Schon ein flüchtiger Vergleich dieser Platte mit den Eisenplatten von Mukerop macht es wahrscheinlich, dass die Blöcke von Mukerop (Wien) und Bethanien (Capstadt) demselben Meteoreisenfalle angehören. Sowohl Mukerop als Bethanien liegen in Groß-Namaland, das heute einen Gebietstheil von Deutsch-West-Afrika ausmacht. Die Wiener Platte »Bethanien« lässt sich mit Bezug auf ihr Gefüge in drei Zonen theilen, nämlich in zwei Randzonen und eine Mittelzone (Fig. 2). In den zwei Randzonen sind die Lamellensysteme verschieden, in der einen sind sie oktaedrisch und in der anderen trapezoedrisch formiert. Zwischen diesen zwei verschiedenen Randzonen liegt die breite trennende Mittelzone, die nach ihrer ganzen Ausdehnung aus zwei beiden Randzonen angehörigen parallelen Lamellensystemen zusammengesetzt ist. In deren Mitte verläuft quer zu den Lamellenzügen, in flachem Bogen gewellt, die wirkliche Grenzlinie, auf der die Taenitstrichelchen wieder verstellt und zum Theile auch deutlich Schleppung nach einer Richtung zeigen.

Die Ätzfiguren der beiden Individuen haben annähernd die gleiche Orientierung zueinander wie die Zwillingsschichten in Mukerop. Eine Zwillingsgrenze ist jedoch auf der Platte nicht vorhanden. Nach allen Anzeichen dürfte sie auf dem benachbarten Abschnitte zu finden sein. Ihre Lage müsste parallel den Balkenbündeln in der Grenzzone verlaufen. Orientiert man die Platte gemäß dieser Annahme, so zeigt das Ätzbild der Platte vollständige Übereinstimmung mit den Verhältnissen, wie sie in der Grenzzone zwischen dem Theilindividuum 5*a* und 4 bestehen. Wie die kleine Skizze zeigt, ist die Platte darnach ein Ausschnitt aus einer großen Platte, der aus Partien von zwei nach der Zwillingsgrenze übereinander geschobener Zwillingsindividuen und der gemeinsamen Grenzzone mit der wellig verlaufenden Grenzlinie besteht.

Die Gleichartigkeit solcher besonders in dieser Ausbildung bisher unbekannter Zwillingsverwachsungen lässt kaum einen Zweifel an der Zugehörigkeit beider Eisen zu einem und demselben Meteoritenfalle aufkommen. Daraus geht hervor, dass ganz bedeutende Massen des Eisens sich an den Zwillingsverwachsungen betheiligt haben. Auch aus der Art der Abgrenzung der Zwillingsschichten am Rande des Mukeroper Blockes ist zu schließen, dass nur ein Theil der für unsere Vorstellungen ungeheueren Zwillingsmasse vorliegt.

Die kleine Platte von Bethanien zeigt auch in ihren Einzelnerscheinungen volle Übereinstimmung mit Mukerop.

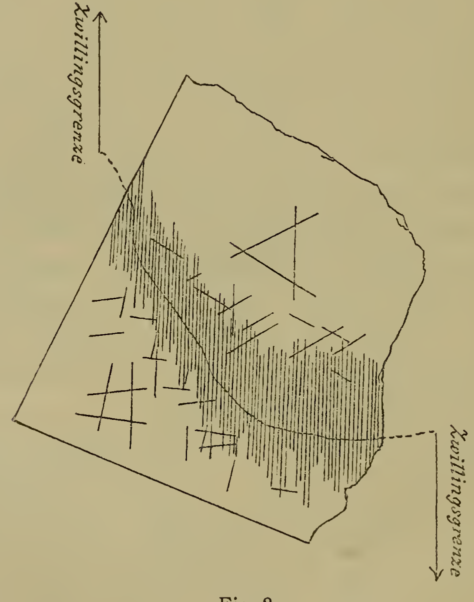


Fig. 2.

Ein Unterschied besteht nur in der Frische von Bethanien, indem Wirkungen von Hitze nicht erkennbar sind. Die Ätzfiguren sind viel reiner und schärfer, weil die Fleckigkeit der Balken fortfällt und da die feinen Lamellen sich untereinander durch einen gleichmäßig grellen und dunklen Schimmer voneinander abheben, so kommt ein Structurbild zustande, wie ein prächtigeres kaum von einem anderen Meteoreisen bekannt ist. Die Deutlichkeit und Schärfe des Ätzbildes bringt

dafür auch die verwickelte Zusammensetzung des Gefüges besser zum Ausdruck als ein anderes Eisen. Bei der Beschreibung des Ätzbildes am Mukeroper Blocke habe ich erwähnt, dass die Lamellen des Balkensystems sich gegen den Lichtreflex nicht gleichartig verhalten. Wenn ein Theil von Lamellen hell schimmert, so liegt der andere Theil desselben Lamellenbündels in Dunkelheit. Auf einem Dreieckfelde beobachten wir darum auch zweierlei Dreiecke, zugleich helle und dunkle, und auf einem trapezoedrischen Felde ebenso zweierlei Trapezoide mit und ohne Schimmer. Den gesetzmäßig orientierten Schimmer in Balken desselben Systems hat schon Rose gekannt. Die richtige Deutung des Schimmerwechsels in denselben Lamellenbündeln hat aber erst Linck gegeben. Merkwürdigerweise haben seine diesbezüglichen Auseinandersetzungen am Eisen von Toluca bei späteren Beobachtern keine Beachtung gefunden. An einer geeigneten Tolucaplatte, an der zugleich durch einen Bruch erzeugte Spalt- und Absonderungsflächen nach dem Oktaeder vorhanden waren, konnte nämlich Linck den durch Rechnung belegten Nachweis führen, »dass der Krystallbau des sogenannten oktaedrischen Eisens nicht ein schaliger oder zonarer im gewöhnlichen Sinne des Wortes ist, sondern dass die ganze Structureigenthümlichkeit desselben auf einen polysynthetischen Zwillingsbau nach den vier Flächen des Oktaeders zurückzuführen ist. Die Oktaederflächen sind gleichzeitig Zwillingsebenen und Verwachsungsflächen. Aus der Zwillingsstellung der Lamellen erklärt sich ferner auch der orientierte Schimmer in verschiedenen Lamellen desselben Systems, denn die Einzelnkrystalle verhalten sich jedenfalls gleich und so muss der Schimmer in verschieden gelagerten Individuen des Zwillings verschiedenen Richtungen angehören.«

Brauchbare Messungen der Schimmerreflexe sind an Mukerop und Bethanien nicht zu erhalten wegen der complicierten Verhältnisse, wie sie sich aus der beträchtlichen schiefen Schnittlage zu einer Oktaederfläche ergeben. Es unterliegt kaum einem Zweifel, dass Messungen des Schimmerwechsels an genau orientierten Platten, dessen gesetzmäßige Ableitung aus der Zwillingslage der Eisenlamellen ergeben werden.

Stellt man sämmtliche bis heute bekannten Zwillingsverwachsungen an den Meteoreisen zusammen, so hat man folgende Fälle zu unterscheiden:

1. Das Balkeneisen (Kamacit) ist, ob es nun als selbständiges einfaches Individuum (hexaedrisches Eisen) auftritt oder als Lamelle am Aufbau des oktaedrischen Eisens theilnimmt, ein polysynthetischer Zwilling, dessen Zwilligslamellen nach sämmtlichen 12 Flächen von (112) gelagert sind (Neumann'sche Linien). Das Zwillingsgesetz wurde von Linck gefunden und später von Mügge bestätigt.

2. Das meist lamellar ausgebildete Balkeneisen in den oktaedrischen Eisen ist nach vier Flächenpaaren des Oktaeders polysynthetisch verzwillingt. Die Oktaederfläche ist gleichzeitig Zwillingsebene und Verwachsungsfläche. Beispiel Toluca.

3. Ein oktaedrischer Zwillingscomplex tritt mit einem Zwillingscomplex gleicher Art in Zwillingsverbindung. Eine Oktaederfläche ist gleichzeitig Zwillings- und Verwachsungsebene. Beispiel Wiederholungszwilling Mukerop.

Nicht alle sogenannten oktaedrischen Eisen zeigen Zwillingsbau. Darin ist ein verwendbares Unterscheidungsmerkmal für eine zukünftige Eintheilung der oktaedrischen Eisen gegeben.
